

SIMULASI ANTENA MIKROSTRIP *D-SHAPED* DENGAN PENCATUAN *MICROSTRIP LINE* UNTUK APLIKASI *WIRELESS* *BODY AREA NETWORK* (WBAN) PADA FREKUENSI 2.4 GHZ

Dian Rahmanda, Yusnita Rahayu

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Riau, Pekanbaru, Riau, Indonesia

Email : rahmanda.dian@gmail.com

Abstrak

Microstrip antenna as a communication device has small dimension with good receiving signal ability, this microstrip antenna is a technology that can be used on a wireless network application with high rate data speeds. Microstrip antenna is very suitable for wireless body area network (WBAN) applications. This microstrip antennas are small, designed in such a way that can be used daily without causing bad image effects for user appearance. WBAN device can be implemented in various fields such as industry, science and medical (ISM). The result of the antenna design is carried out by simulation process using applications. The target results from the antenna are: frequency 2.4 GHz, return loss ≤ -10 dB, dan VSWR ≤ 1.9 .

Keyword: microstrip antenna, wireless body area network, return loss, VSWR

1. PENDAHULUAN

Saat ini dengan semakin berkembangnya berbagai teknologi yang berupaya untuk memberikan kemudahan bagi manusia menjadi trend yang terus diupayakan oleh berbagai peneliti untuk memberikan kualitas pelayanan yang terbaik. Tidak hanya untuk kemudahan manusia, teknologi digunakan sebagai trend masa kini dalam dunia *fashion*. Sehingga tidak heran manusia dapat menggunakan berbagai macam aksesoris teknologi secara bersamaan. Trend yang sedang berkembang salah satu diantaranya yakni maraknya teknologi WBAN (*Wireless Body Area Network*) yang memungkinkan terjadinya interaksi antara tubuh manusia dengan perangkat elektromagnetik tertentu.

Salah satu perangkat WBAN yang kini menjadi sorotan yaitu *body worn antenna* yang bisa terintegrasi dengan perangkat tertentu diimplementasikan dalam bidang kesehatan seperti aplikasi medis yang mengumpulkan data kondisi pasien berupa denyut jantung, laju pernapasan, atau kadar oksigen pada darah. Antena WBAN yang berbentuk *microstrip* memudahkan peneliti untuk dapat diletakkan diberbagai bidang pada tubuh manusia dengan

radiasi yang sangat kecil sehingga tidak mengganggu jalannya aktivitas manusia.

Teknologi *weareable* tidak hanya diminati pada bidang *fashion* saja, tetapi juga dapat berfungsi sebagai pengirim atau penerima sinyal sebuah alat pada bidang tertentu. Oleh karena itu perancangan antena WBAN sangat disetujui dalam bidang *fashion*. Antena WBAN dirancang kecil dan sedemikian rupa agar dapat digunakan sehari-hari tanpa menimbulkan efek *image* buruk bagi penampilan sipengguna.

1.1 Perumusan masalah

Adapun permasalahan yang dikaji adalah bagaimana merancang antena untuk aplikasi WBAN yang memiliki performa yang baik dan memenuhi persyaratan dari antena WBAN yang telah di simulasikan dari jurnal sebelumnya. Berupa *return loss*, frekuensi, pola radiasi, gain dan VSWR.

1.2 Tujuan penelitian

Menghasilkan sebuah rancangan antena yang dapat diaplikasikan pada WBAN dan dapat memenuhi persyaratan antena WBAN. Berupa *return loss*, frekuensi, pola radiasi, gain

VSWR, dan memiliki planar berbentuk D-shaped.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Antena adalah suatu alat yang mengubah gelombang terbimbing dari saluran transmisi menjadi gelombang bebas di udara, dan sebaliknya. Saluran transmisi adalah alat yang berfungsi sebagai penghantar atau penyalur energi gelombang elektromagnetik. Suatu sumber yang dihubungkan dengan saluran transmisi yang tak terhingga panjangnya menimbulkan gelombang berjalan yang *uniform* sepanjang saluran itu. Jika saluran ini dihubungkan singkat maka akan muncul gelombang yang dipantulkan. Jika gelombang datang sama besar dengan dipantulkan akan dihasilkan gelombang berdiri murni. Konsentrasi-konsentrasi energi pada gelombang berdiri ini berasal dari energi listrik seluruhnya ke energi magnet total dua kali setiap periode gelombang itu (Makmur, 2013).

2.1 Parameter Antena

a. impedansi masukan

Impedansi masukan didefinisikan sebagai impedansi sebuah antena pada terminal masukan, sebagai perbandingan antara besarnya tegangan terhadap arusnya.

b. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{max}$) dengan minimum ($|V|_{min}$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang di refleksikan (V_0^-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) (Pramono, 2011).

Kondisi paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ($S=1$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan matching sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu, nilai standar VSWR yang diijinkan untuk pabrikasi antena adalah $VSWR \leq 2$.

c. Return Loss

Parameter dari antena yang menunjukkan koefisien pantul dalam bentuk

logaritmis, menunjukkan daya yang hilang karena antena dan saluran transmisi tidak *matching*.

Dengan menghubungkan kedua persamaan diatas dapat kita lihat bahwa nilai *return loss* sangat bergantung dengan nilai VSWR. Dimana bila diinginkan $VSWR < 2,0$ maka nilai *return loss* akan sebesar -9,54 dB, sehingga antena itu akan dikatakan baik bila memiliki nilai *return loss* kurang dari -9,54 dB.

d. Bandwidth

Bandwidth suatu antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kerja antena yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, polarisasi, *beamwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*) memenuhi spesifikasi standar (Makmur, 2013).

e. Pola Radiasi

Pola radiasi antena didefinisikan sebagai matematis atau sebuah representasi grafik dari radiasi antena sebagai sebuah fungsi dari koordinat ruang. Pada umumnya, pola radiasi ditentukan pada daerah *far field* dan dipresentasikan sebagai suatu fungsi koordinat arah (Daryanto, 2011).

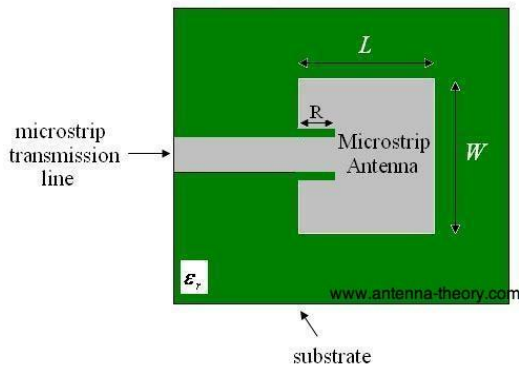
f. Penguatan (Gain)

Ada dua jenis penguatan (*gain*) pada antena, yaitu penguatan *absolute* (*absolute gain*) dan penguatan *relative* (*relative gain*).

2.2 Teknik Pencatutan

Teknik pencatutan pada antena mikrostrip merupakan teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena mikrostrip. Terdapat berbagai konfigurasi teknik yang telah dikembangkan yang masing-masingnya tentu memiliki kelebihan dan kekurangan. Salah satu teknik yang populer, sederhana dan mudah di pabrikan adalah teknik mikrostrip line feed, tetapi teknik ini menghasilkan bandwidth yang tidak lebar (biasanya 2-5%) (Rambe, 2008).

Microstrip line feed berbentuk strip yang melakukan koneksi ke patch. Oleh karena itu, mikrostrip line feed dianggap sebagai perpanjangan patch.



Gambar 2.1 Patch Antena Dengan Inset Feed

2.3 Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang

Patch berbentuk persegi panjang merupakan bentuk yang paling umum digunakan dan mudah dianalisa. Berikut adalah beberapa perhitungan yang digunakan untuk merancang antena mikrostrip berbentuk persegi panjang (Wijaya, 2009):

Menentukan lebar patch (W):

$$W = \frac{c}{w f_0 \frac{(\epsilon_r + 1)}{2}} \quad (1)$$

Dimana c adalah kecepatan cahaya diruang bebas, yaitu sebesar 3×10^8 m/s, f_0 adalah frekuensi kerja dari antena dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik dari bahan substrat. Sedangkan untuk menentukan panjang patch (l) diperlukan Δl yang merupakan pertambahan panjang dari l akibat adanya fringing effect. Pertambahan panjang dari l (Δl) tersebut dirumuskan dengan (Wijaya, 2009):

$$\Delta l = 0.412h \frac{\epsilon_{eff} + 0.3 \frac{W}{h} + 0.264}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \frac{W}{h} + 0.8} \quad (2)$$

Dimana h merupakan tinggi substrat dan ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik efektif yang dirumuskan sebagai (Wijaya, 2009):

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{1 + 12 \frac{h}{W}} \quad (3)$$

Dengan demikian panjang patch (l) diberikan oleh:

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (4)$$

Dimana L_{eff} merupakan panjang patch efektif yang dapat dirumuskan dengan :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \epsilon_{eff}} \quad (5)$$

3. Metodologi Penelitian

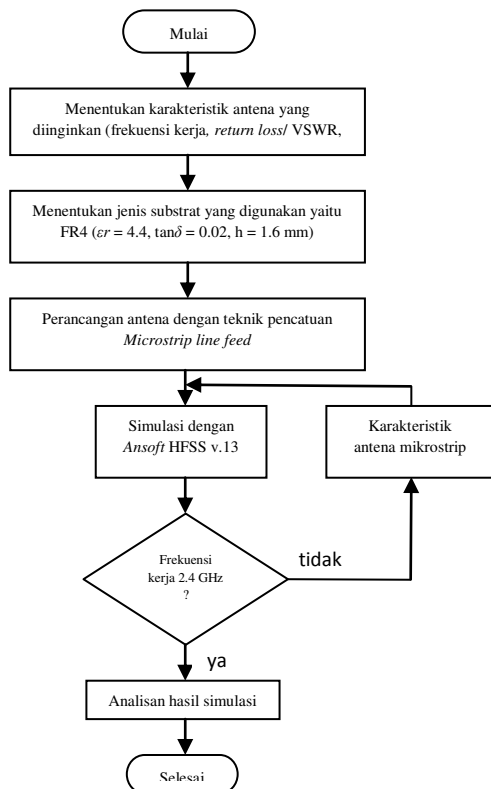
Perancangan antena pada skripsi ini dilakukan dengan cara mensimulasikan menggunakan perangkat lunak (*software*), perangkat lunak yang digunakan untuk perancangan dan simulasi pada skripsi ini adalah *Ansoft HFSS* versi 13.0. Dalam penelitian skripsi ini akan dirancang sebuah antena mikrostrip yang dapat digunakan pada aplikasi *Wireless Body Area Network* (WBAN).

Perancangan antena akan dilakukan dalam beberapa tahap, yakni studi literatur, berisikan tentang pengumpulan data-data dari buku referensi, dan jurnal yang berkaitan dengan topik pilihan penelitian. Pengolahan data, berupa perhitungan dimensi antena secara manual dan kemudian hasil dari perhitungan tersebut disimulasikan dengan simulator *Ansoft HFSS* 13.0. karakteristik yang harus ditentukan adalah *bandwidth*, frekuensi kerja, *VSWR*, *return loss* dan *gain*.

Untuk mendapatkan rancangan antena yang optimal dilakukan beberapa pengkarakterisasian berupa dimensi *patch*, besar *ground*, saluran pencatu dan besar lubang pada *patch*.

3.1 Diagram Alir Perancangan Antena

Dalam merancang antena diperlukan diagram alir yang berisi tahapan-tahapan untuk membantu dalam proses perancangan. Gambar 3.1 merupakan gambar diagram alir dari perancangan antena secara umum pada skripsi ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Antena Secara Umum

3.2 Menentukan Jenis Substrat Yang Digunakan

Tabel 3.1 Spesifikasi Substrat Yang Digunakan

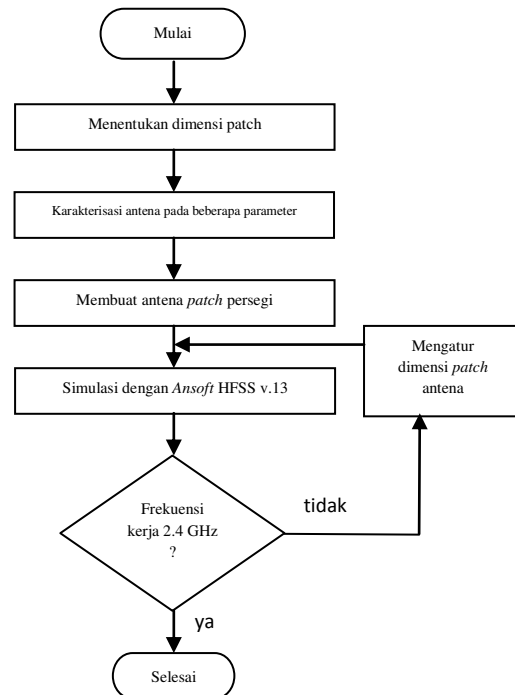
| Jenis substrat | FR-4 (Epoxy) |
|---|--------------|
| Konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) | 4.4 |
| Dielectric loss tangent ($\tan \delta$) | 0.02 |
| Ketebalan substrat (h) | 1.6 mm |

(Rahmadyanto, 2009 “telah diolah kembali”)

3.3 Perancangan Antenana Microstrip

Perancangan antenna mikrostrip dengan pencatutan *microstrip line feed* yaitu

perancangan antenna mikrostrip *patch* persegi panjang berbentuk D-Shaped, yang dapat dibuat dalam diagram alir seperti ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram Alir Percangan Antena Mikrostrip Dengan Pencatutan *Microstrip Line Feed*

Antena yang akan dirancang pada penelitian ini adalah antenna mikrostrip dengan frekuensi kerja 2.4 GHz. Untuk pereancangan awal dari dimensi antenna digunakan perhitungan pada antenna mikrostrip dengan *patch* berbentuk persegi panjang seperti telah dijelaskan pada bab 2, yaitu persamaan (2.9) hingga (2.13). *patch* persegi panjang terdiri atas panjang (l) dan lebar (w).

Menentukan lebar *patch* (w) :

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2.4 \times 10^9 \times \frac{2.4+1}{2}} = 38 \text{ mm} \quad (3.1)$$

Sedangkan panjang *patch* (l) :

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{4.4+1}{2} + \frac{4.4-1}{2} \times \frac{1}{1+12 \left(\frac{1.6}{38} \right)} = 4.094 \quad (3.2)$$

$$\Delta l = 0.412 \times 1.6 \times \frac{4+0.3 \frac{38}{1.6} + 0.264}{4 - 0.258 \frac{38}{1.6} + 0.8} = 0.75 \text{ mm} \quad (3.3)$$

$$L_{eff} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2.4 \times 10^9 \times 4.094} = 30.94 \text{ mm} \quad (3.4)$$

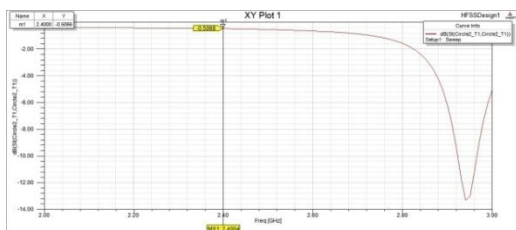
$$L = 30.94 - 2 \times 0.73 = 29.48 \text{ mm} \quad (3.5)$$

Dari perhitungan tersebut yang berdasarkan spesifikasi substrat yang akan digunakan, diperoleh panjang dan lebar *patch* masing-masing adalah 29.48 mm dan 38 mm.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi Rancangan Awal Antena

Hasil simulasi rancangan awal antenna merupakan hasil simulasi dari desain manual antenna dimana ukuran-ukuran dimensi antenna berdasarkan perhitungan teori tanpa melakukan modifikasi atau perngkarakterisasian pada antenna tersebut. Hasil simulasi rancangan awal antenna mikrostrip dapat dilihat dalam bentuk grafik frekuensi (sumbu x) dan *return loss* (sumbu y) seperti gambar 4.1



Gambar 4.1 *Return loss* Rancangan Awal Antena Dengan Pencatutan Mikrostrip Line Feed

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa frekuensi kerja yang diinginkan bergeser ke frekuensi 2.94 GHz dengan nilai *return loss* yang diperoleh sebesar -13.2878 dB. Hasil ini tidak sesuai dengan frekuensi yang diharapkan, yaitu 2.4 GHz. Adapun dari hasil simulasi desain awal antenna ini, telah diberikan penanda (marker) untuk range frekuensi yang dinignkan. Untuk frekuensi 2.94 GHz yang telah diberi tanda marker 1 (m_1), diperoleh *return loss* sebesar -0.5066 dB. Hal tersebut dapat disebabkan oleh ketidak sesuaian antara perhitungan dimensi *patch* yang digunakan dengan teknik pencatutan. Oleh karena itu, untuk

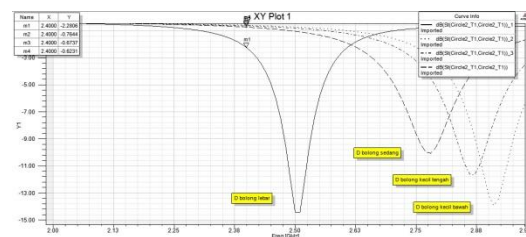
mendapatkan rancangan yang optimal perlu dilakukan pengkarakterisasian antenna.

4.2 Hasil Karakterisasi Antena Dengan Membuat Bentuk D Pada *Patch*

Karakterisasi antenna dengan membuat bentuk D pada *patch* bertujuan untuk mendapatkan hasil optimal sekaligus sebagai modifikasi bentuk pada antenna mikrostrip. Hasil karakterisasi antenna dapat disajikan dalam bentuk grafik frekuensi (sumbu x) dan *return loss* (sumbu y).

4.2.1 Hasil Karakterisasi D Pada *Patch*

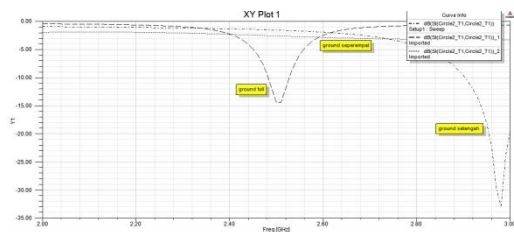
Karakterisasi D pada *patch* bertujuan untuk mendapatkan grafik yang memiliki nilai *return loss* tepat pada 2.4 GHz. Gambar 4.2 memperlihatkan karakterisasi dari rancangan antenna dengan mengubah bentuk dan lokasi D pada *patch* sedangkan parameter yang lain tetap.



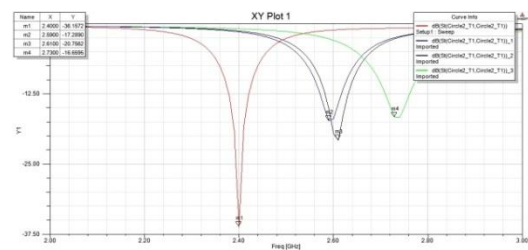
Gambar 4.2 *Return loss* Karakterisasi Bentuk Dan Lokasi D Pada *Patch*

4.2.2 Karakterisasi Besaran *Ground*

Gambar 4.3 memperlihatkan sebuah pengkarakterisasian dari rancangan dengan mengubah ukuran dari *ground*, sedangkan parameter lainnya tetap, dimana D bolong pada *patch* berukuran besar dan berada ditengah. Variasi dari besar *ground* yang dibuat adalah *ground* penuh, *ground* setengah, dan *ground* seperempat. Dari gambar 4.4 tersebut dapat diamati bahwa dengan memperkecil *ground*, maka frekuensi kerja antenna menjadi lebih besar, demikian sebaliknya



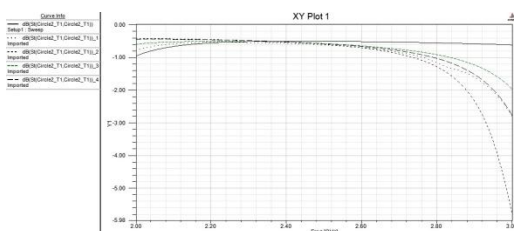
Gambar 4.4 *Return loss* Karakterisasi Besar *Ground*



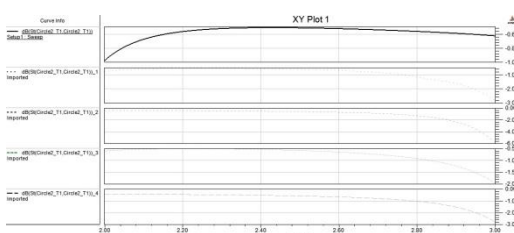
Gambar 4.6 *Return Loss* Karakterisasi Memperbesar *Patch* Dan Ukuran Maupun Besar D Pada *Patch*

4.2.3 Karakterisasi Dengan Memperkecil Ukuran *Patch* Dan Bentuk Maupun Lokasi D

Karakterisasi besaran *patch* dengan memperkecil ukuran *patch* bertujuan untuk mendapatkan hasil yang optimal, yaitu frekuensi mendekati 2.4 GHz. gambar 4.4 memperlihatkan karakterisasi dari rancangan antenna dengan memperkecil ukuran *patch* dan bentuk maupun lokasi D. Sedangkan parameter yang lain tetap yaitu menggunakan *ground* penuh.



a).



b).

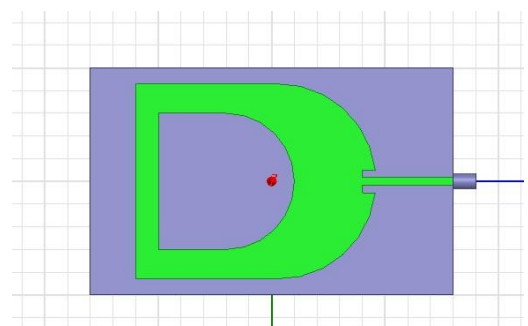
Gambar 4.5 *Return loss* Karakterisasi Besaran *Patch* Dan Ukuran Maupun Peletakan Bolong D Pada *Patch*

4.2.4 Karakterisasi Dengan Memperbesar Ukuran *Patch* Dan Bentuk Maupun Lokasi D

Gambar 4.6 terdiri atas beberapa grafik *return loss* dimana masing-masing grafik memiliki nilai *return loss* yang berbeda. Pada marker 1 (m1) dapat dilihat *return loss* sebesar -36.1572 pada frekuensi 2.4 GHz yang merupakan frekuensi dan nilai dari *return loss* yang diinginkan. Sedangkan pada marker 2, marker 3, dan marker 4 (m2, m3, m4) menunjukkan kenaikan frekuensi yang menjauhi 2.4 GHz. dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa mengubah ukuran *patch* dan peletakan maupun ukuran D pada *patch* sangat mempengaruhi frekuensi dan *return loss* pada sebuah antenna.

4.3 Hasil Simulasi Antena WBAN D-Shaped Pada Frekuensi 2.4 GHz

Dengan mengetahui beberapa karakteristik dari antenna yang dirancang maka dapat membantu mempermudah memperoleh rancangan yang optimal. Gambar 4.7 merupakan desain akhir dari antenna WBAN. Ukuran dari tiap parameter pada perancangan akhir antenna WBAN ini diberikan pada tabel 4.1



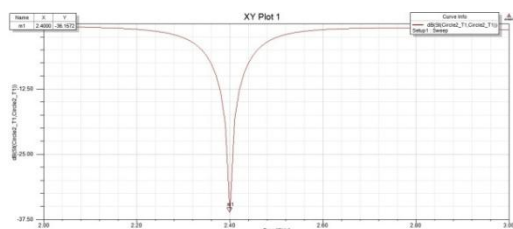
Gambar 4.7 Bentuk Rancangan Akhir Antena WBAN Pada Frekuensi 2/4 GHz.

Antena mikrostrip *patch* D-shaped, dimana didalam *patch* tersebut juga terdapat bolongan pada *patch* yang berbentuk D.

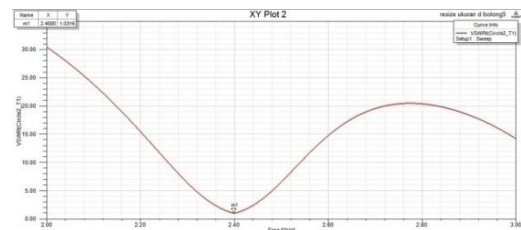
Tabel 4.1 dimensi rancangan akhir antena WBAN pada frekuensi 2.4 GHz

| Paramater | Ukuran (Mm) |
|---------------------------------|-------------|
| Panjang Substrat (l_s) | 80 |
| Lebar Substrat (w_s) | 50 |
| Tinggi Substrat (h) | 1.6 |
| Panjang <i>Patch</i> (l_p) | 43 |
| Lebar <i>Patch</i> (w_p) | 31 |
| Jari-Jari <i>Patch</i> | 21.5 |
| Tinggi <i>Patch</i> (t) | 0.02 |
| Panjang D Bolong <i>Patch</i> | 30 |
| Lebar D Bolong <i>Patch</i> | 15 |
| Jari-Jari D Bolong <i>Patch</i> | 15 |

Pengamatan pada parameter return loss dan VSWR dari hasil simulasi antena WBAN yang diperoleh optimal diberikan pada gambar 4.8 dan 4.9. hasil simulasi yang optimum ini didapatkan dengan melakukan karakterisasi terhadap besaran *patch*, besaran bolong D pada *patch*, dan *ground*.



Gambar 4.8 Hasil Simulasi Return Loss Antena WBAN



Gambar 4.9 Hasil Simulasi VSWR Antena WBAN

Gambar 4.8 dan gambar 4.9 memperlihatkan hasil dari VSWR dan *return loss* dari antena WBAN. Dari gambar tersebut dapat terlihat bahwa nilai *return loss* mempunyai nilai -36.1572 dB pada frekuensi 2.4 GHz dan nilai VSWR mempunyai nilai 1.0316 pada frekuensi 2.4 GHz.

Dari data yang dipaparkan diatas, diketahui bahwa pada frekuensi 2.4 GHz, rancangan antena WBAN mampu bekerja pada nilai 1.0316 nilai ini telah memenuhi kebutuhan yang ingin dicapai, yaitu pada nilai VSWR ≤ 1.9 atau *return loss* ≤ -10 dB.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan proses simulasi antena diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Antena mikrostrip *patch* persegi panjang *wireless body area network* (WBAN) yang dirancang mampu bekerja pada frekuensi 2.4 GHz.
2. Nilai VSWR yang didapatkan pada antena yang di rancang yaitu sebesar 1.0316, dimana nilai ini telah memenuhi kebutuhan yang ingin dicapai, yaitu pada nilai VSWR ≤ 1.9
3. Nilai *return loss* yang didapatkan pada antena yang dirancang yaitu sebesar -36.1572 dB, dimana nilai ini telah memenuhi kebutuhan yang ingin dicapai, yaitu pada nilai *return loss* ≤ -10 dB.
4. Karakterisasi D bolong pada *patch* memiliki hasil yang bervariasi, dimana D bolong pada *patch* yang berukuran besar lah yang memiliki frekuensi yang mendekati 2.4 Ghz

5. Karakterisasi besaran *ground* memiliki hasil yg bervariasi, dimana variasi terdiri atas 3 yaitu, *ground* penuh, *ground* setengah dan *ground* seperempat. Dengan memperkecil ukuran *ground*, maka frekuensi kerja antena menjadi lebih besar, demikian sebaliknya. Oleh karena itu pada skripsi ini digunakan *ground* berukuran penuh pada substrat.
6. Karakterisasi dengan memperkecil ukuran *patch* dan bentuk maupun lokasi D tidak mendapatkan hasil yang memuaskan, hal ini dikarenakan hasil yang didapatkan sangat jauh dari hasil yang diinginkan. Variasi masing-masing hasil dari langkah ini memiliki *return loss* yang tinggi atau besar dari -10 (> -10)
7. Karakterisasi dengan memperbesar ukuran *patch* dan bentuk maupun lokasi D mendapatkan hasil yang memuaskan, hal ini dikarenakan *return loss* mencapai -36.1572 pada frekuensi kerja 2.4 Ghz.
8. Ukuran dan bentuk *patch* dikarakterisasi guna mendapatkan hasil yang optimal.

5.2 Saran

Adapun saran yang ingin disampaikan pada penelitian selanjutnya yang ingin meneruskan penelitian ini adalah :

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan karakterisasi antena mikrostrip yang bervariasi sehingga didapatkan hasil yang baik lagi, seperti dimensi substrat pada antena, teknik pencatutan, dan bentuk dari antena.
2. Melakukan analisa perbandingan antena yang menggunakan teknik pencatutan lain.
3. Melakukan analisa perbandingan antena menggunakan substrat FR-4 ($\epsilon_r = 4.4$) dengan menggunakan jenis substrat yang lain seperti *Quartz (fused silica)* ($\epsilon_r = 3.75$).
4. Melakukan perancangan antena mikrostrip dengan bentuk *patch* yang berbeda.
5. Merealisasikan atau melakukan fabrikasi terhadap antena yang telah disimulasikan dan melakukan

perbandingan hasil pengukuran dengan hasil simulasi antena.

DAFTAR PUSTAKA

- Ebrahim Sailan Alabidi, M. R., Kamarudin, T. A. Rahman, Mohsen Khalily, A. Y. Abdulrahman, M. F. Jamlos And M. I. Jais "Radiation Characteristics Improvement Of Monopole Antenna For WBAN Application." International Journal Of Multimedia And Ubiquitous Engineering. Vol.9, No.2 (2014), Pp.53-64.
- Emad Shehab Ahmed "Weareable Conformal Antennas For 2.4 Ghz Wireless Body Area Network." TELKOMNIKA, Vol.11, No.1, March 2013, Pp. 175~180 ISSN: 1693-6930 Accredited By DGHE (DIKTI), Decree No: 51/Dikti/Kep/2010
- Jinpil Tak, Kyeol Kwon, Sunwoo Kim, And Jaehoon Choi "Dual-Band On-Body Repeater Antenna For In-On On WBAN Applications." Department Of Electronics And Communications Engineering, Hanyang University, 17 Haengdang-Dong, Seongdong-Gu, Seoul 133-791, Republic Of Korea. International Journal Of Antennas And Propagation. Volume 2013, Article ID 107251, 12 Pages.
- Do-Gu Kang, Jinpil Tak, Dan Jaehoon Choi "MIMO Antenna With High Isolation For WBAN Application." Department Of Electronics And Communications Engineering, Hanyang University, 222 Wangsimni-Ro, Seongdong-Gu, Seoul 133-791, Republic Of Korea. International Journal Of Antennas And Propagation. Volume 2015, Article ID 370763, 7 Pages.
- Kyel Kwon, Jaegeun Ha, Soonyong Lee Dan Jaehoon Choi "Design Of A Dual-Band On-Body Antenna For A Wireless Body Area Network Repeater System." Department Of Electronics And Communications Engineering, Hanyang University, 17 Haengdang-Dong, Seongdong-Gu, Seoul 133-791, Republic Of Korea. International Journal Of

Antennas And Propagation. Volume 2012, Article ID 350797, 5 Pages.

Daryanto, 2011. Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Elemen Peradiasi Segitiga Aplikasi Wimax. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia.

Makmur, Fadzli. 2013. Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip *Dual Band Patch* Persegi Untuk Aplikasi *Long Term Evolution* (LTE). Skripsi Sarjana, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Indonesia.

Pramono, Sigit. 2011. Rancang Bangun *Linear Tapered Slot* Antena Dengan Pencatutan *Microstrip Line* Untuk Aplikasi WRAN 802.22. Tesis Pasca Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia.

Rahmadyanto, Heri. 2009. Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Slow Tringular Array 8 Elemen* Dengan Pencatutan *Microstrip Feed Line* Secara Tidak Langsung Untuk Aplikasi CPE Wimax. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia.

Rambe, Ali Hanafiah. 2008. Rancang Bangun Antena Mikrostrip Segiempat Untuk Aplikasi CPE Wimax. Tesis Pasca Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia.

Rambe, Ali Hanafiah. 2014. Analisis Pengaruh Ukuran Ground Plane Terhadap Kinerja Antena Mikrostrip Patch Segiempat Pada Frekuensi 2.45 Ghz. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara (USU), Indonesia.

Wijaya, Andhika Bayu. 2009. Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Rectangular Array 8 Elemen* Dengan Pencatutan *Electromagnetically Coupled* Untuk Aplikasi Wimax. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia.

Gusman, Rezki Ananda. 2014. Simulasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang *Planar*

Array 6 Elemen Dengan Pencatutan *Aperture Coupled* Untuk Aplikasi CPE Wimax Pada Frekuensi 3.3-3.4 Ghz. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Indonesia.

[http://www. antenna - theory. com / antennas/patches/patch3.php](http://www.antenna-theory.com/antennas/patches/patch3.php) diakses pada 10 februari 2016, Pkl. 19.30 WIB.